

# STRUCTURE DE LA MATIERE ET CONDUCTION ELECTRIQUE

En classe de quatrième, nous avons déjà vu que les molécules qui nous entourent sont toutes constituées d'**atomes**. Mais quelle est leur structure ? Sont-ils les plus petites particules qui composent la matière ou existe-il des particules encore plus petites qui pourraient les composer ?

## I. STRUCTURE DE LA MATIERE

### 1. L'atome

#### a) Définition et caractéristiques

La matière (sous forme solide, liquide ou gazeuse) est constituée d'innombrables particules invisibles à l'œil nu, appelées **atomes**. Si l'on devait couper la matière en morceaux on s'apercevrait que le plus petit grain qu'il est possible d'obtenir est un atome. Ce dernier est indivisible. L'atome est donc la **particule élémentaire de la matière**.







La dimension d'un atome est de l'ordre du dixième de nanomètre (1 nm = 10<sup>-9</sup> m) ; de plus, il possède une masse approximative de l'ordre de 10<sup>-27</sup> kg.

Il existe 118 différents types d'atomes, tous répertoriés dans un tableau, appelé **tableau périodique de Mendeleïev**. Chaque atome est représenté par un **symbole chimique**, une lettre majuscule. Cette dernière peut être éventuellement suivie par une deuxième lettre minuscule. Tous les atomes d'un même élément sont identiques et possèdent les mêmes propriétés physiques et chimiques.

Pour représenter une molécule, un modèle moléculaire est généralement utilisé ; chaque atome qui la compose y est symbolisé par une sphère de couleur distincte qui permet de



différencier des autres atomes. Pour les éléments les plus courants, le code couleur suivant est toujours respecté :

Elément chimique	Hydrogène	Carbone	Oxygène	Azote	Soufre	Chlore
Représentation moléculaire						

### b) Constitution de l'atome

En classe de troisième, une représentation simplifiée appelée **modèle planétaire** permet de décrire la structure d'un atome. Ce dernier est toujours constitué :

- D'un **noyau** central, **chargé positivement**. Ce noyau, de forme sphérique, possède un diamètre de l'ordre de  $10^{-14}$  mètre ; il est 100 000 fois plus petit que l'atome auquel il appartient.
- D'un ou plusieurs **électrons** qui gravitent autour du noyau, sur des trajectoires circulaires. Même s'ils appartiennent à des atomes différents, ces électrons sont tous identiques et portent **une unique charge électrique négative**. Ils sont généralement notés  $e^{-}$  et sont nettement plus petite que celle du noyau. Leur masse très faible est évaluée à  $9,1 \times 10^{-31}$  kg.

La presque totalité de la matière de l'atome (99,97%) est concentrée à l'intérieur du noyau ; les électrons, de masse négligeable, ne représentent que 0,03% de cette matière. Ils tournent autour de ce noyau, dans le **vide**.

L'atome est toujours **électriquement neutre** : le nombre de charges positives contenues dans le noyau est égal au nombre d'électrons mobiles autour de ce dernier.

Pour conclure, il faut bien retenir que tous les atomes du tableau périodique présentent une structure électronique **différente** qui permet de les distinguer les uns des autres : chaque atome possède un **nombre de charges positives porté dans le noyau différent** des autres éléments chimiques. Du fait de l'électroneutralité de l'atome, chaque type d'atome possède

un nombre d'électrons **différent**, toujours égal à celui des charges positives. Cela revient à dire que les 118 atomes existants dans le tableau périodique présentent tous des constitutions différentes.

c) Comment déterminer la constitution d'un atome ?

A partir du tableau périodique des éléments chimiques, il est possible de déterminer le nombre de charges positives d'un atome et d'en déduire ensuite le nombre d'électrons qui gravitent autour de son noyau. Etudions l'exemple de l'atome d'azote pour illustrer la méthode. Cette méthode sera valable pour tous les autres types d'atomes.

## TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS CHIMIQUES

The periodic table displays elements organized by their chemical properties. The highlighted element is Nitrogen (N), located in the second period and fifth group. The table includes the following elements and their properties:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H Hydrogène																	2 He Hélium
3 Li Lithium	4 Be Béryllium											5 B Bore	6 C Carbone	7 N Azote	8 O Oxygène	9 F Fluor	10 Ne Neon
11 Na Sodium	12 Mg Magnésium											13 Al Aluminium	14 Si Silicium	15 P Phosphore	16 S Soufre	17 Cl Chlore	18 Ar Argon
19 K Potassium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titane	23 V Vanadium	24 Cr Chrome	25 Mn Manganèse	26 Fe Fer	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Cuivre	30 Zn Zinc	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsenic	34 Se Sélénium	35 Br Brome	36 Kr Krypton
37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	39 Y Yttrium	40 Zr Zirconium	41 Nb Niobium	42 Mo Molybdène	43 Tc Technétium	44 Ru Ruthénium	45 Rh Rhodium	46 Pd Paladium	47 Ag Argent	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Étain	51 Sb Antimoine	52 Te Tellure	53 I Iode	54 Xe Xénon
55 Cs Césium	56 Ba Baryum		57 La Lanthane	58 Ce Cérium	59 Pr Praseodyme	60 Nd Néodyme	61 Pm Prométhée	62 Sm Samarium	63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutétium
87 Fr Francium	88 Ra Radium		89 Ac Actinium	90 Th Thorium	91 Pa Protactinium	92 U Uranium	93 Np Neptunium	94 Pu Plutonium	95 Am Americium	96 Cm Curium	97 Bk Berkélium	98 Cf Californium	99 Es Einsteinium	100 Fm Fermium	101 Md Mendelevium	102 No Nobelium	103 Lr Lawrencium

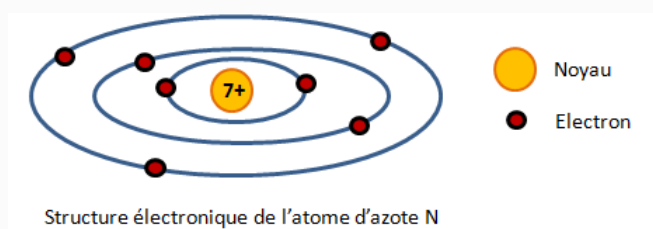
Au centre de chaque case du tableau, est toujours représenté le symbole chimique. Dans notre exemple, l'azote, c'est la lettre majuscule N. En dessous de celle-ci, est écrit le nom de l'atome. Pour finir, en haut et à gauche du symbole chimique, est toujours noté le **numéro atomique** : ce dernier correspond au nombre de charges positives élémentaires portées

noyau. L'atome d'azote possède un numéro atomique égal à 7 et porte ainsi 7 charges positives.

Numéro atomique  $\rightarrow 7$  **N**  $\leftarrow$  Symbole chimique de l'atome  
 Nom de l'atome  $\rightarrow$  Azote

Par conséquent, grâce à l'électroneutralité de l'atome, il est possible de déduire le nombre d'électrons de l'azote : 7 électrons tournent autour de son noyau.

Le modèle planétaire de l'atome d'azote peut finalement être dessiné et est représenté dans la figure suivante :



## 2. La molécule

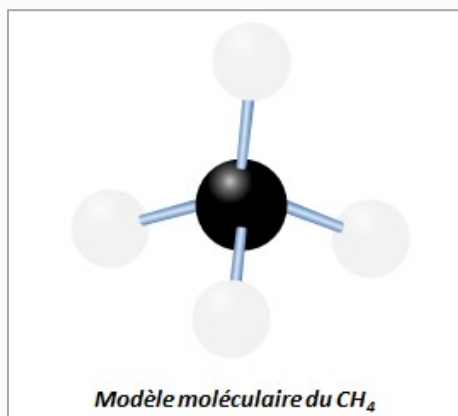
Une **molécule** est un ensemble d'atomes identiques ou différents, reliés entre eux par des liaisons chimiques. A titre d'exemples, l'eau, le dioxygène ou encore le dioxyde de carbone sont des molécules. Les atomes, qui sont électriquement neutres (cf. paragraphe 1.1b) composent les molécules ; par conséquent, ces dernières sont également électriquement neutres.

Chaque molécule est définie grâce à une **formule chimique** qui contient :

- Le **type d'atomes** qui la constitue. Ces atomes sont représentés par leur symbole chimique.
- Le **nombre d'atomes** de chaque élément présent dans la molécule. Ce nombre est représenté en indice, après chaque symbole chimique. Lorsqu'il n'y a qu'un atome pour un élément chimique, le chiffre 1 n'est pas noté. Par exemple, la formule chimique du méthane est  $\text{CH}_4$ . Le méthane est donc constitué d'un atome de carbone et de quatre atomes d'hydrogène.



Pour finir, une molécule peut être aussi représentée grâce à un **modèle moléculaire** : chacun de ses atomes est symbolisé par une sphère de couleur (cf. **paragraphe 1.1a**).

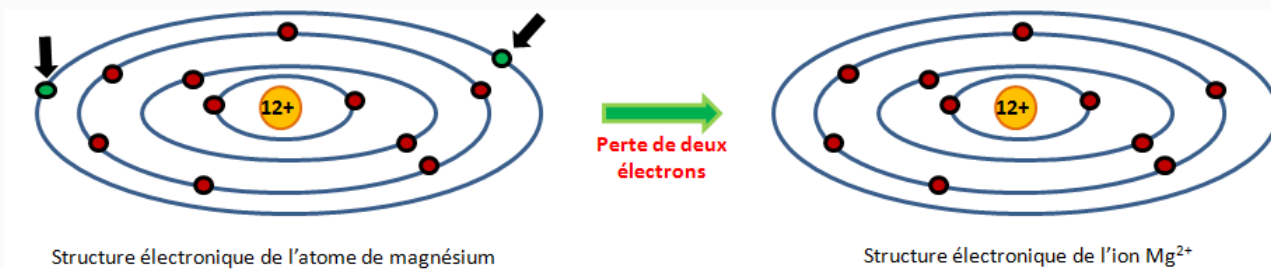


### 3. Les ions et les solutions ioniques

#### a) Les ions

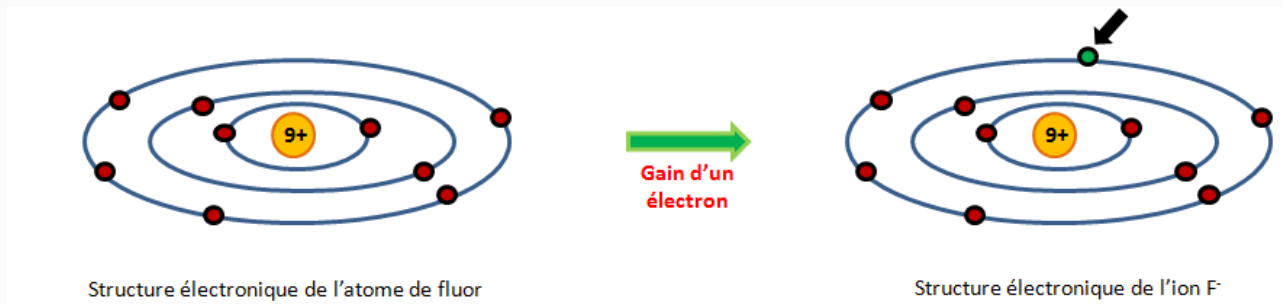
Dans le **paragraphe 1.1b**, nous avons abordé la constitution de l'atome autour du noyau gravitent des électrons. Lors de certaines réactions chimiques ou lorsqu'ils sont soumis à un rayonnement lumineux, les atomes ou les molécules peuvent gagner ou perdre des électrons.

Un **ion** est un atome ou une molécule qui a gagné ou perdu un ou plusieurs électrons. Une telle particule **électriquement chargée**. Lorsqu'un atome (ou groupe d'atomes) **perd** des électrons, il devient un ion chargé positivement, appelé **cation** ; le nombre d'électrons perdus correspond à la charge portée par l'ion. Prenons comme exemple un atome de Mg qui devient un ion.



L'atome de magnésium a un numéro atomique égal à 12 ; il possède donc 12 charges positives dans son noyau et 12 électrons qui gravitent autour de lui. Lorsqu'il perd **deux** électrons, il se transforme en ion  $\text{Mg}^{2+}$  qui ne possède plus que 10 électrons. Le modèle planétaire de cet ion est représenté sur la figure précédente.

En revanche, lorsqu'un atome (ou un groupe d'atomes) **gagne des électrons**, se transforme en un ion négatif, appelé **anion**. Le nombre d'électrons gagnés correspond à la charge portée par l'ion. Etudions l'ion fluorure :



L'atome de fluor possède 9 charges positives dans son noyau et donc 9 électrons dans son environnement. Lorsqu'il gagne **un** électron, il devient l'ion monochargé négatif. Le modèle planétaire est représenté précédemment. L'ion possède ainsi 10 électrons.

Que ce soit pour un cation ou un anion, **le nombre de charges positives portées par le noyau ne varie jamais. C'est le nombre d'électrons qui change.**

A noter aussi qu'un ion est dit **monoatomique** lorsqu'il est constitué d'un seul atome. Par exemple, les ions  $Na^+$ ,  $Cl^-$  sont des ions monoatomiques. Un ion peut aussi se former à partir d'un ensemble constitué de plusieurs atomes : dans cette situation, il est appelé ion **polyatomique**. A titre d'exemples, les ions  $NO_3^-$  ou  $SO_4^{2-}$  sont dits polyatomiques.

### b) Les solutions ioniques

Une **solution ionique** est une solution aqueuse contenant des ions. Elle est toujours **électriquement neutre** : elle contient donc autant de charges positives que de charges négatives, ces charges étant portées par les ions présents dans la solution. Prenons comme premier exemple le chlorure de sodium : lorsque ce sel se dissout dans l'eau, il va libérer des ions  $Na^+$  et  $Cl^-$ . Il y aura autant d'ions  $Na^+$  que d'ions  $Cl^-$  car leurs charges se compensent. La formule chimique de la solution de chlorure de sodium s'écrit donc  $NaCl(aq)$ .

En revanche, après dissolution de chlorure de fer (II) dans l'eau, les ions libérés en solution sont  $Fe^{2+}$  et  $Cl^-$ . L'ion  $Fe^{2+}$  porte deux fois plus de charges positives que l'ion  $Cl^-$  pour

compenser ces charges positives, il y a donc **deux** fois plus d'ions  $\text{Cl}^-$ . La formule chimique de la solution de chlorure de fer (II) s'écrit donc  $\text{FeCl}_2$ .

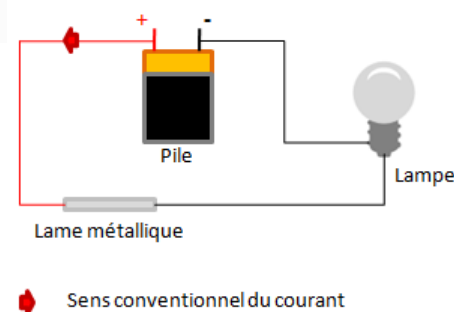
## II. CONDUCTIVITE ELECTRIQUE

### 1. Conductivité électrique dans les métaux

#### a) Caractère conducteur des métaux

Les métaux présentent la même propriété : ils **conduisent** tous le **courant électrique** (puisqu'ils possèdent une haute conductibilité électrique). Pour le confirmer, l'expérience représentée sur la figure suivante a été réalisée : une pile électrique est reliée à une plaque métallique et à une lampe. Plusieurs métaux sont testés et comparés ensuite à d'autres matériaux (bois, plastique) qui sont **isolants**. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Matériau	Lampe	Conclusion de l'expérience
Fer	Allumée	Le fer conduit l'électricité
Cuivre	Allumée	Le cuivre conduit l'électricité
Aluminium	Allumée	L'aluminium conduit l'électricité
Bois	Eteinte	Le bois ne conduit pas l'électricité
Plastique	Eteinte	Le plastique ne conduit pas l'électricité



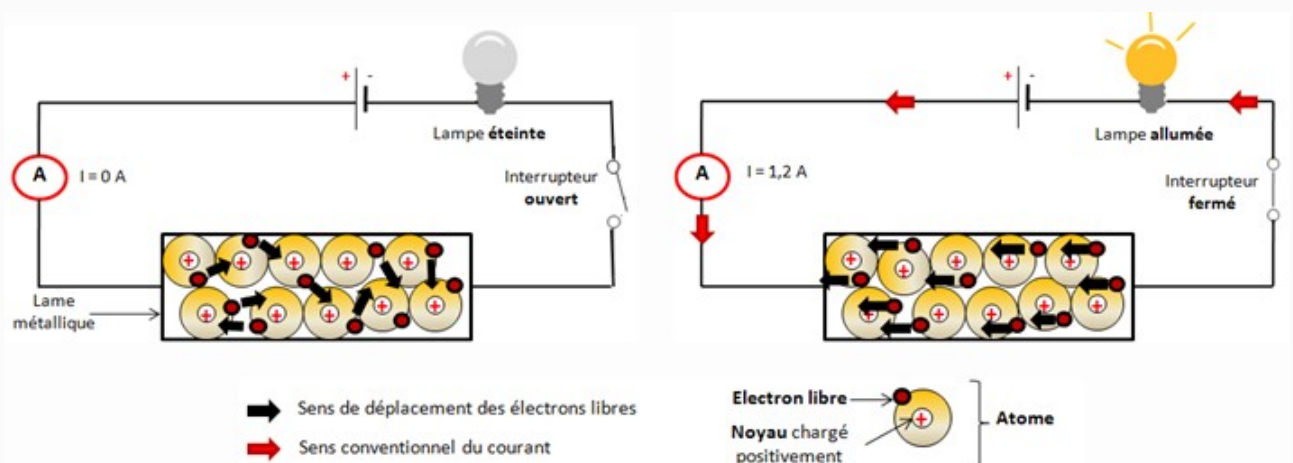
Cette expérience confirme bien le caractère conducteur des métaux : en effet, en présence d'une lame métallique, un courant électrique circule bien dans tout le circuit puisque la lampe s'allume. Par contre, la lampe reste éteinte en présence des matériaux isolants (rappel : un matériel isolant n'est pas capable de conduire le courant électrique).

Pour conclure, tous les matériaux ne sont pas conducteurs. En revanche, tous les métaux, sans exception, conduisent le courant électrique (c'est-à-dire qu'ils sont capables de laisser circuler le courant).

### b) Comment expliquer la conductivité électrique des métaux ?

Si on observait à l'échelle microscopique la structure d'une lame métallique on s'apercevrait que cette dernière est composée d'atomes tous identiques, bien rangés et a Ces atomes possèdent une majorité d'électrons qui restent fortement liés à leur noyau et peuvent donc pas le quitter. Cependant, un ou deux électrons par atome métallique sont de bouger et de se déplacer avec facilité vers d'autres atomes : ce sont des **électrons li**

Sur les schémas suivants, étudions de plus près le comportement de ces électrons lorsque la lame métallique est introduite au sein d'un circuit électrique composé d'une pile, d'une lampe et d'un interrupteur.



Lorsque l'interrupteur est ouvert, **aucun courant électrique** ne circule dans le circuit (l'ampèremètre indique une intensité nulle). Dans cette situation, les électrons libres du métal se déplacent de **manière désordonnée** autour de leurs noyaux, en allant d'un atome à un autre.

En revanche, lorsque l'interrupteur est fermé, **la lame métallique est soumise à une tension électrique**. Les électrons libres du métal se déplacent alors de la **borne négative** vers la **borne positive** de la pile, tous ensemble et dans un **mouvement ordonné**. Dans ce circuit, l'ampèremètre mesure une intensité électrique : c'est ce mouvement ordonné des électrons qui permet la circulation du courant électrique et qui explique la capacité de conductivité des métaux.



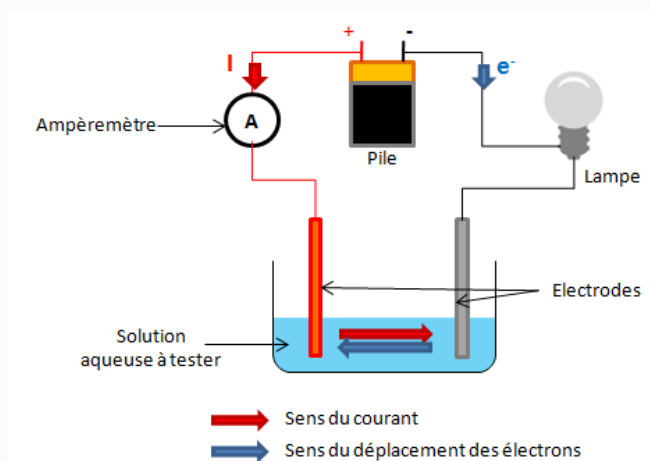
électriques des métaux. A noter que le mouvement des électrons est **opposé au sens conventionnel** du courant électrique qui circule de la borne + à la borne - de la pile.

A la différence des métaux, les matériaux isolants ne possèdent pas d'électrons libres, c'est pourquoi ils ne sont pas capables de laisser circuler le courant électrique.

## 2. Conductivité électrique dans les solutions aqueuses

Pour déterminer si une solution aqueuse est conductrice (c'est-à-dire si elle laisse passer le courant), réalisons l'expérience suivante : deux lames métalliques, appelées **électrodes**, sont plongées dans la solution aqueuse à tester. Une des lames métalliques est reliée à une borne positive de la pile. L'autre électrode est mise en contact avec la borne négative de la pile. Un ampèremètre permet de mesurer l'intensité du courant électrique qui pourrait circuler dans ce circuit. Plusieurs solutions aqueuses sont testées successivement.

- De l'eau déminéralisée et de l'eau du robinet : ces deux solutions ne contiennent quasiment pas d'ions.
- De l'eau sucrée ; cette eau contient du glucose, de formule chimique  $C_6H_{12}O_6$ . Cette molécule est neutre.
- Une solution aqueuse de NaCl (contenant les ions  $Na^+$  et  $Cl^-$ ) et une solution aqueuse de  $H_2SO_4$  (contenant les ions  $H^+$  et  $SO_4^{2-}$ ) ; ce sont donc des **solutions ioniques**.



Solution testée	Lampe	Conclusion de l'expérience
Eau du robinet	Eteinte	Ne conduit pas l'électricité
Eau distillée	Eteinte	Ne conduit pas l'électricité
Solution sucrée (eau + sucre de formule $C_6H_{12}O_6$ )	Eteinte	Ne conduit pas l'électricité
Solution aqueuse de NaCl ( $Na^+ + Cl^-$ )	Allumée	Conduit l'électricité
Solution aqueuse de $CuSO_4$ ( $Cu^{2+} + SO_4^{2-}$ )	Allumée	Conduit l'électricité

Aucune intensité n'est mesurée dans ce circuit électrique en présence de l'eau déminéralisée, de l'eau du robinet et de l'eau sucrée : la lampe reste donc éteinte. En revanche, les solutions de NaCl et  $CuSO_4$  sont conductrices : en effet, lorsqu'elles sont utilisées, la lampe s'allume, prouvant que ces solutions sont capables de laisser passer le courant. C'est donc la présence de solutions ioniques qu'un courant électrique est capable de circuler dans ce circuit. **ions sont donc responsables de cette conductivité et permettent la circulation du courant.**

En observant de plus près, on peut observer une **double circulation d'ions** dans la solution ; les ions positifs (comme  $Na^+$  ou  $Cu^{2+}$ ) sont attirés par la borne négative de la pile et se déplacent dans le même sens conventionnel que le courant électrique. Par contre, les anions (comme  $Cl^-$  ou  $SO_4^{2-}$ ) se déplacent vers la borne positive de la pile, dans le sens opposé du courant. Ils bougent dans le même sens que les électrons. **Le courant électrique est dû à cette double circulation d'ions.**

Pour conclure, toutes les solutions aqueuses ne sont pas conductrices ; seules les solutions ioniques en sont capables.

### 3. Conclusion sur la conductivité

Pour résumer, c'est un **déplacement d'électrons** (libres) qui permet la conductivité dans les métaux. Quant à la conductivité dans les solutions aqueuses, elle est due à un **déplacement d'ions**.